

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-265057

(43)Date of publication of application : 15.10.1993

(51)Int.Cl. G02F 1/35  
G02B 6/12  
G02B 27/28

(21)Application number : 04-065394

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 23.03.1992

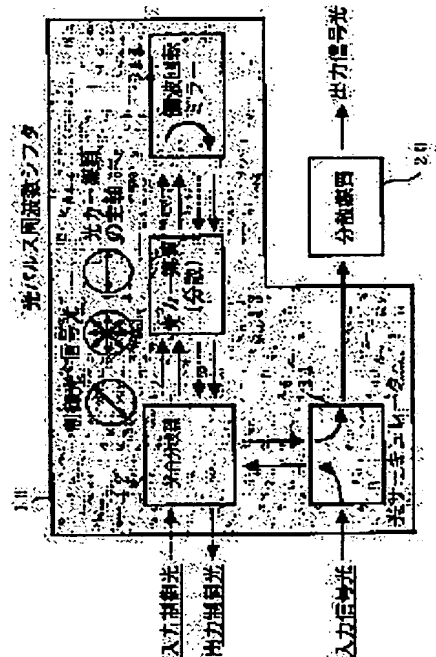
(72)Inventor : MORIOKA TOSHIO  
SARUWATARI MASATOSHI

## (54) FULL LIGHT TYPE TIME SLOT CONVERSION CIRCUIT

### (57)Abstract:

PURPOSE: To replace optical pulses between optical time slots in a rapidly multiplexed optical pulse string by using control light whose polarized wave makes a specific angle with the principal axis of an optical Kerr medium for an optical pulse frequency shifter.

CONSTITUTION: The optical pulse frequency shifter 10 consists of an optical circulator 11 for separating input signal light from output signal light, an optical multiplexer/demultiplexer for multiplexing/demultiplexing signal light and control light, the optical Kerr medium 13 for inducing light frequency shift to the signal light by the control light, and a polarization rotating mirror 14 for rotating respectively rectangular polarized components of the signal light and the control light by 90° and reflecting the rotated components by 10%. The shifter 10 uses control light whose polarized wave makes a 45° angle with the principal axis of the medium 13 to form control light of two systems having the same intensity as the two polarized components.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2993648

[Date of registration] 22.10.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-265057

(43)公開日 平成5年(1993)10月15日

(51)Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35		7246-2K		
G 0 2 B 6/12		H 7036-2K		
27/28		A 9120-2K		

審査請求 未請求 請求項の数5(全 14 頁)

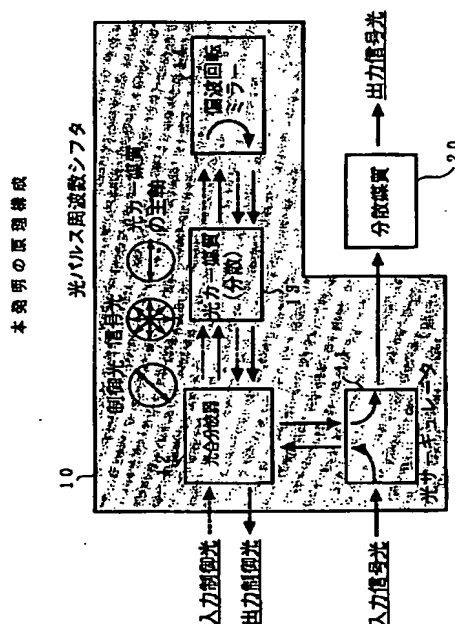
(21)出願番号	特願平4-65394	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号
(22)出願日	平成4年(1992)3月23日	(72)発明者	盛岡 敏夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(72)発明者	猿渡 正俊 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(74)代理人	弁理士 古谷 史旺

(54)【発明の名称】 全光型タイムスロット変換回路

(57)【要約】

【目的】 全光型タイムスロット変換回路に関し、入力信号光の偏波に依存しない偏波無依存型であり、かつ高速に多重化された光パルス列内の任意のタイムスロット間の光パルスの入れ替えの行うことができることを目的とする。

【構成】 制御光により信号光に光周波数シフトを誘起する光カー媒質と、光カー媒質の出力光を取り込み、その偏波を90度回転して100%反射させ、再び光カー媒質に入射させる偏波回転ミラーと、偏波が光カー媒質の主軸と45度の角度を成す超短光パルスである制御光を入力し、信号光と合波して光カー媒質に入射させ、光カー媒質から出射した信号光と制御光とを分波する光合分波器と、入力される信号光を光合分波器に入射させ光合分波器から出射した信号光を出力する光サーキュレータと、光サーキュレータから出力される信号光を取り込み群速度分散によってタイムスロットの入れ替えを行う分散媒質とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 信号光および制御光を同一方向で伝搬させ、制御光により信号光に光周波数シフトを誘起する光カー媒質と、

前記光カー媒質の出力光を取り込み、その偏波を90度回転して100%反射させ、再び前記光カー媒質に入射させる偏波回転ミラーと、

偏波が前記光カー媒質の主軸と45度の角度を成す超短光パルスである制御光を入力し、信号光と合波して前記光カー媒質に入射させ、前記光カー媒質から出射した信号光と制御光とを分波する光合分波器と、

入力される信号光を前記光合分波器に入射させ、前記光合分波器から出射した信号光を出力する光サーキュレータと、

前記光サーキュレータから出力される信号光を取り込み、群速度分散によってタイムスロットの入れ替えを行う分散媒質とを備えたことを特徴とする全光型タイムスロット変換回路。

【請求項2】 請求項1に記載の全光型タイムスロット変換回路において、光カー媒質が偏波回転ミラーの光路中に挿入された構成であることを特徴とする全光型タイムスロット変換回路。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の全光型タイムスロット変換回路において、偏波回転ミラーは、偏波ビームスプリッタと、その2つの直交偏光出力ポートを偏波を保持しながら90度回して接続する偏波保持光ファイバとにより構成したことを特徴とする全光型タイムスロット変換回路。

【請求項4】 請求項1または請求項2に記載の全光型タイムスロット変換回路において、偏波回転ミラーは、ファラデー回転素子と、100%反射ミラーとにより構成したことを特徴とする全光型タイムスロット変換回路。

【請求項5】 請求項1または請求項2に記載の全光型タイムスロット変換回路において、偏波回転ミラーは、1/4波長板と、100%反射ミラーとにより構成したことを特徴とする全光型タイムスロット変換回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、高速に多重化された光パルス列の時間方向への拡大/圧縮、光パルス列の順序の反転、および任意のタイムスロット間で光パルスの入れ替えを行う偏波無依存型の全光型タイムスロット変換回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光伝送システムの高速化および大容量化に伴い、高速に多重化された光パルス列を電気信号に変換せず、光のままで直接に信号処理を行う光信号処理技

術が不可欠になっている。その中で、多重化された高速光パルス列の任意のタイムスロット間（チャンネル間）で光パルスの入れ替えを行う機能は、将来の超高速光端局装置や光交換装置の分野で特に重要な技術となっている。従来、そのような機能をもつ全光型タイムスロット変換回路としては、電気光学効果を利用した2×2光スイッチと光ファイバ遅延線を多段に接続したものが提案されている。

【0003】図8は、従来の全光型タイムスロット変換回路の構成例を示すブロック図である。なお、ここでは入力光パルス列の多重度を4とし、その順序を反転させる場合の構成について説明する。

【0004】図において、入力光パルス列のビットレートに対応した帯域をもつ3個の2×2光スイッチ81～83と、3本の光ファイバ遅延線84～86を直列に接続する。なお、各光ファイバ遅延線84～86の相対遅延差は、1フレーム周期をTとして、それぞれT、T/2、T/4とする。各2×2光スイッチ81～83には、それぞれ入力光パルス列に同期して所定の入れ替えに対応する電気制御信号を印加することにより、対応する光パルスの入れ替えが行われ、光合波器87を介して出力光パルス列として取り出される。

【0005】しかし、このような構成では、入力光パルス列の帯域以上で動作する超高速の光スイッチが必要となり、現状では100Gb/s以上の光パルス列への適用が可能な光スイッチは存在しない。さらに、任意のN(=2<sup>n</sup>)チャンネル間で光パルスの入れ替えを行うには、n+1個の2×2光スイッチと、同数の電気制御信号が必要となり、構成の複雑化が避けられない。

【0006】したがって、簡単な構成でかつ超高速で動作する全光型タイムスロット変換回路が望まれるが、その一例として多重化された光パルス列を時間方向へ拡大する機能をもつ超高速の全光型光遅延回路が提案されている（特願平2-239579、「光遅延回路」）。本光遅延回路は、制御光の相互位相変調(XPM)により光パルス列に誘起される光周波数シフトと分散による時間遅延を利用したものであり、高速に多重化された光パルス列を電子回路で処理が可能な低速の光パルス列に変換する機能を有し、100Gb/s以上の光パルス列の速度変換に適用可能となっている。図9にこの光遅延回路の構成を示す。

【0007】図9において、光パルス列として入力される信号光は、光合波器91で制御光と同一の直線偏波で時間的に重なるように合波され、光カー媒質92に入射される。光カー媒質中では、光カー効果によって信号光の位相が制御光の強度波形に比例して変化し、位相の時間微分である信号光の瞬間光周波数も時間的に変化する。したがって、例えば制御光の強度波形が放物線型であればその微分波形は直線になるので、図10に示すように、誘起される信号光のキャリア光周波数は時間軸上

で直線的に変化し、時間軸上で多重された光パルスを中心光周波数も順々に変化する。なお、制御光の強度波形が必ずしも放物線型でなくても、光カー媒質中の群速度分散を利用し、ガウシアン型の強度波形からも同様の直線的な光周波数シフトを得ることもできる。

【0008】光カー媒質92を通過した信号光と制御光は光分波器93で分離され、信号光は分散媒質94に入射される。ここで、光カー媒質92の光カー定数が正であれば、光パルス列の前側のパルスが長波長側に偏移し、後側のパルスが短波長側に偏移するので、分散媒質94の群速度分散が正であれば、光パルス列の前側のパルスは早く進み、後側のパルスが遅れることになり、光パルス列は時間方向に拡大される。また、光カー定数が負の場合には負の群速度分散を有する分散媒質を用いることにより、同様の結果を得ることができる。このように、1つの制御光を用いて光パルス列の時間方向への拡大が可能となる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図9に示す構成では、光パルス列内の任意のタイムスロット間（チャンネル間）の光パルスの入れ替えなどの複雑な操作を行うことはできない。また、直線偏波の制御光を用いているので、信号光の偏波によって信号光の周波数偏移が変化し、入力信号光の偏波に依存しない安定な動作を得ることが原理的に困難であった。

【0010】本発明は、入力信号光の偏波に依存しない偏波無依存型であり、かつ高速に多重化された光パルス列内の任意のタイムスロット間の光パルスの入れ替えの行うことができる全光型タイムスロット変換回路を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、信号光および制御光を同一方向で伝搬させ、制御光により信号光に光周波数シフトを誘起する光カー媒質と、前記光カー媒質の出力光を取り込み、その偏波を90度回転して100%反射させ、再び前記光カー媒質に入射させる偏波回転ミラーと、偏波が前記光カー媒質の主軸と45度の角度を成す超短光パルスである制御光を入力し、信号光と合波して前記光カー媒質に入射させ、前記光カー媒質から出射した信号光と制御光とを分波する光合分波器と、入力される信号光を前記光合分波器に入射させ、前記光合分波器から出射した信号光を出力する光サーキュレータと、前記光サーキュレータから出力される信号光を取り込み、群速度分散によってタイムスロットの入れ替えを行う分散媒質とを備えたことを特徴とする。

【0012】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の全光型タイムスロット変換回路において、光カー媒質が偏波回転ミラーの光路中に挿入された構成であることを特徴とする。

【0013】請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の全光型タイムスロット変換回路において、偏波回転ミラーは、偏波ビームスプリッタと、その2つの直交偏光出力ポートを偏波を保持しながら90度回して接続する偏波保持光ファイバとにより構成したことを特徴とする。

【0014】請求項4に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の全光型タイムスロット変換回路において、偏波回転ミラーは、ファラデー回転素子と、100%反射ミラーとにより構成したことを特徴とする。

【0015】請求項5に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の全光型タイムスロット変換回路において、偏波回転ミラーは、1/4波長板と、100%反射ミラーとにより構成したことを特徴とする。

【0016】

【作用】本発明は、光サーキュレータと、光合分波器と、光カー媒質と、偏波回転ミラーとにより偏波無依存型の光パルス周波数シフタを構成する。光パルス周波数シフタでは、偏波が光カー媒質の主軸と45度の角度を成す制御光を用いることにより、2つの偏波成分に同じ強度の2系列の制御光とする。光サーキュレータおよび光合分波器を介して入射される信号光は2つの偏波成分に分けられ、それぞれの成分に同じ強度の2系列の制御光で光周波数シフトが与えられる。

【0017】さらに、この信号光および制御光は、偏波回転ミラーを介して再び光カー媒質に入射されるが、それぞれの直交する偏波成分が90度回転して入れ替わっているため、光周波数シフトを受けるときに自然複屈折を完全に補償することができ、入力信号光の偏波に依存しない安定な動作を得ることができる。その後再び2つの成分を合波し、光合分波器および光サーキュレータを介して光周波数シフトした信号光が出力される。

【0018】このようにして自然複屈折を完全に補償し、所定の光周波数シフトを受けた信号光は、群速度分散を有する分散媒質に入力され、光周波数シフトに応じたタイムスロットの入れ替えその他の処理（詳しくは実施例で説明）を行うことができる。

【0019】

【実施例】図1は、本発明の原理構成を示すブロック図である。図において、全光型タイムスロット変換回路は、偏波無依存型の光パルス周波数シフタ10と、光周波数により群速度が異なる分散媒質20とを接続して構成される。

【0020】光パルス周波数シフタ10は、入力信号光と出力信号光とを分離する光サーキュレータ11と、信号光と制御光とを合波および分波する光合分波器12と、制御光により信号光に光周波数シフトを誘起する光カー媒質13と、信号光と制御光のそれぞれ直交する偏波成分をちょうど90度回転させて100%反射する偏波回転ミラー14とにより構成される。この光パルス周波数

シフタ10は、信号光が次のような経路を通過するように各部が接続される。信号光は光サーキュレータ11を介して光合分波器12に入射され、外部から入力される制御光と合波されて光カー媒質13に入射される。光カー媒質13の出射光は偏波回転ミラー14で反射されて再入射し、さらに光合分波器12に入射される。光合分波器12では制御光と信号光の分離が行われ、制御光は外部に出力され、信号光は光サーキュレータ11を介して分散媒質20側に出力される。

【0021】ここで、光パルス周波数シフタ10の動作について説明する。信号光は、光合分波器12で制御光と時間的に同期して合波され、光カー媒質13の主軸に対して制御光は45度の偏波で、信号光は任意の偏波で光カー媒質13に入射される。光カー媒質13では、制御光は強度の等しい2つの偏波成分（光学的に速い軸と遅い軸）に分解され、信号光は任意の割合で2つの偏波成分に分解され、それぞれの偏波成分は複屈折に由来する偏波分散により時間的に互いに分離されながら光カー媒質中を伝搬する。その際、制御光は同じ偏波方向の信号光の光周波数を変化させるが、制御光の強度は2つの偏波成分で等しいので、信号光の両偏波の光周波数シフトは等しくなる。

【0022】光カー媒質13を出射した信号光と制御光は偏波回転ミラー14に入射され、それぞれの直交する偏波成分がちょうど90度回転された状態で100%反射され、再び光カー媒質13に入射される。光カー媒質13では、先程と同様に信号光は制御光によって光周波数シフトを受けるが、それぞれの直交する偏波成分が90度回転して入れ替わっているため、1回目の透過で速い軸に伝搬した偏波成分は遅い軸を伝搬し、遅い軸に伝搬した偏波成分は速い軸を伝搬することになる。したがって、光カー媒質13の出口では自然複屈折が完全に補償され、信号光および制御光ともに2つの偏波成分は位相を含めて時間的に一致するようになる。このようにして偏波に依存しない光周波数シフトが与えられた信号光は、光合分波器12および光サーキュレータ11を介して出力され、分散媒質20に入力される。

【0023】分散媒質20では、光周波数によって群速度が異なることから、信号光は光周波数シフトに応じた時間方向への偏移を受ける。ここで、光周波数シフトの与え方と分散媒質の選び方により、タイムスロットの圧縮／拡大や反転、さらに本発明の特徴とするタイムスロットの入れ替えを自由に行うことができる。

【0024】光周波数シフトの与え方は、タイムスロットの圧縮／拡大および反転操作と、入れ替え操作によって、図2(a),(b)に示す2種類のものを用いる。すなわち、タイムスロットの圧縮／拡大および反転には、図10を用いて説明したように図2(a)のような直線的な光周波数シフトが必要であるので放物線型の制御光を用いる。

【0025】一方、タイムスロットの入れ替えには、図2(b)のような矩形の位相シフトが必要であり、その微分で与えられる光周波数シフトは値が等しく符号が異なるパルス型が必要となる。このような矩形の位相シフトは、矩形の制御パルスを用いても生成することができるが、実際には立ち上がりおよび立ち下りの急峻な矩形パルスは生成が困難である。したがって、パルス幅の短い超短パルスおよび光カー媒質中の分散に起因する制御光と信号光のウォークオフを利用して矩形の位相シフトを生成する（特願昭63-11898、「光パルス分離回路および光パルス多重回路」）。

【0026】以下、図1に示す全光型タイムスロット変換回路におけるタイムスロットの圧縮、反転および入れ替えの動作例について、図3、図4および図5を参照して説明する。

【0027】図3は、タイムスロット圧縮動作を説明する図である。光パルス周波数シフタ10における光周波数シフトとしては図2(a)の直線的なものを用いる。また、光カー媒質の光カー定数が正の場合は分散値が負である分散媒質20を用い、光カー定数が負の場合は分散値が正である分散媒質20を用いる。たとえば、光カー定数が正の場合について説明すれば、光パルス列の前側のパルスが長波長側に偏移し、後側のパルスが短波長側に偏移するので、光パルス周波数シフタ10の出力を負の分散媒質20に入力すれば、短波長の部分（光パルス列の後側のパルス）が長波長の部分（光パルス列の前側のパルス）より早く進むので光パルス列は圧縮される。なお、このとき正の分散媒質20を用いれば、図9で説明したように光パルス列の拡大ができる。光カー定数が負の場合にも同様に説明できる。

【0028】図4は、タイムスロット反転動作を説明する図である。タイムスロット反転を行うには、タイムスロット圧縮の場合に比べて大きな分散値を有する分散媒質20を用いるか、または誘起される光周波数シフトを大きくして後側のパルスが前側のパルスを追い越すようにする。適当な分散と光周波数シフトを選ぶことにより、任意のパルス間隔の反転光パルス列を生成することができる。このように本発明回路では、1回の操作で光パルス列の反転を行うことができる。

【0029】図5は、タイムスロット入れ替え動作を説明する図である。光パルス周波数シフタ10における光周波数シフトとしては図2(b)の2つのパルス状のものを用いる。2つのパルス状の光周波数シフトの時間間隔は、上述の例では信号光と制御光のウォークオフ時間であり、光カー媒質の分散値と信号光および制御光の波長を適当に選ぶ必要がある。

【0030】図6は、タイムスロット入れ替えを行う全光型タイムスロット変換回路の実施例構成を示す図である。図において、各部の配置は図1に示す原理構成に対応する。すなわち、光サーキュレータ11はそのまま対

応し、光合分波器12には合波カップラ61を用い、光カー媒質13には偏波保持光ファイバ62を用い、偏波回転ミラー14には偏波回転要素として偏波ビームスプリッタ63と、その2つの直交偏光出力ポートを偏波を保持しながら90度据じって接続する偏波保持光ファイバ64とを用いる。また、分散媒質20には、偏波保持光ファイバ62の光カー定数が正であるので、負の分散値をもつ異常分散光ファイバ65を用いる。

【0031】なお、制御光には超短パルスを用い、光カー媒質中の分散を利用して符号の異なる2つのパルス状の光周波数シフトを生成し、上述した動作原理に従ってタイムスロットの入れ替えを行う。

【0032】ここで、偏波回転ミラー14の動作原理について説明する。偏波保持光ファイバ62と偏波ビームスプリッタ63は、各主軸が合うように接続され、紙面に垂直な偏波成分は偏波ビームスプリッタ63で上方に反射して偏波保持光ファイバ64を右回りに伝搬し、紙面に平行な偏波成分は偏波ビームスプリッタ63を透過して偏波保持光ファイバ64を左回りに伝搬する。このとき、図のように一方のポートからの出力光が他方のポートに入力され、かつその偏波が90度回転するように偏波保持光ファイバ64を90度据じって両ポートに接続するので、右回りの紙面に垂直な偏波成分は偏波ビームスプリッタ63に再入射すると紙面に平行な偏波成分となって透過し、偏波保持光ファイバ62に導かれる。また、同様に左回りの紙面に平行な偏波成分は紙面に垂直な偏波成分となり、偏波ビームスプリッタ63で反射されて偏波保持光ファイバ62に導かれる。偏波ビームスプリッタ63では、このように両偏波が左方に反射される際に90度回転させ、その状態で光カー媒質である偏波保持光ファイバ62に100%反射させることができる。

【0033】なお、以上の動作は、1/4波長板あるいはファラデー回転子のような偏波回転素子と、100%反射ミラーとを組み合わせても実現することができる。図7は、タイムスロット入れ替えを行う全光型タイムスロット変換回路の他の実施例構成（請求項2に対応）を示す図である。

【0034】図において、各部の配置は図1に示す原理構成に対応する。なお、各部は図6に示す実施例構成と同様であるが、本実施例では光カー媒質13として用いられる偏波保持光ファイバ71を偏波回転ミラー14の内部に組み込ませた構成を示す。すなわち、偏波回転ミラー14の構成要素である偏波保持光ファイバ64と光カー媒質である偏波保持光ファイバ71を接続する。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の全光型タイムスロット変換回路は、すべての処理を光のままで、かつ入力される信号光の偏波状態に依存せずに、光パルス列の任意のタイムスロットの入れ替えを安定に行うことができる。したがって、100Gb/sを超える超短光パルスの伝送や光交換処理の実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理構成を示すブロック図である。

【図2】本発明で使用する光周波数シフトを説明する図である。

【図3】タイムスロット圧縮動作を説明する図である。

【図4】タイムスロット反転動作を説明する図である。

【図5】タイムスロット入れ替え動作を説明する図である。

【図6】タイムスロット入れ替えを行う全光型タイムスロット変換回路の実施例構成を示す図である。

【図7】タイムスロット入れ替えを行う全光型タイムスロット変換回路の他の実施例構成（請求項2に対応）を示す図である。

【図8】従来の全光型タイムスロット変換回路の構成例を示すブロック図である。

【図9】従来の光遅延回路の構成を示すブロック図である。

【図10】光カー媒質における光周波数シフトを説明する図である。

【符号の説明】

10 光パルス周波数シフタ

11 光サーキュレータ

12 光合分波器

13 光カー媒質

14 偏波回転ミラー

20 分散媒質

61 合波カップラ

62 偏波保持光ファイバ

63 偏波ビームスプリッタ

64 偏波保持光ファイバ

65 異常分散光ファイバ

71 偏波保持光ファイバ

81, 82, 83 2×2光スイッチ

84, 85, 86 光ファイバ遅延線

87 光合波器

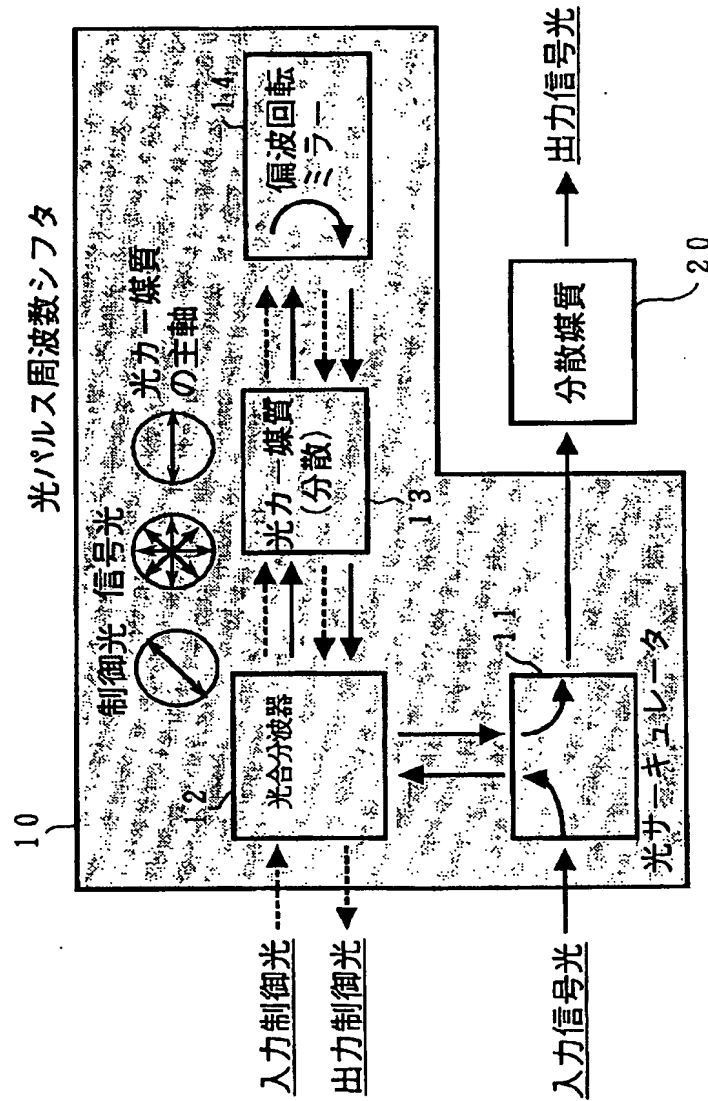
91 光合波器

92 光カー媒質

93 光分波器

94 分散媒質

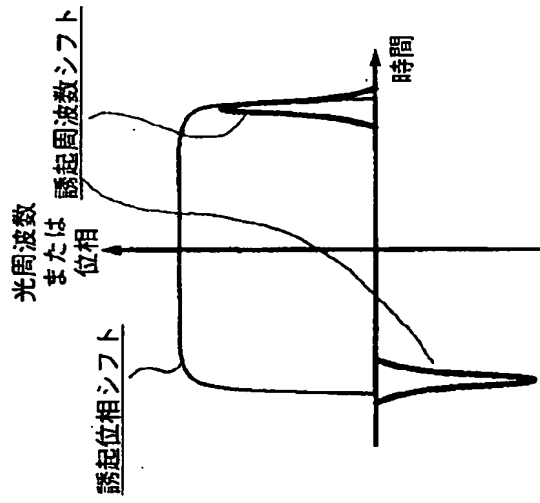
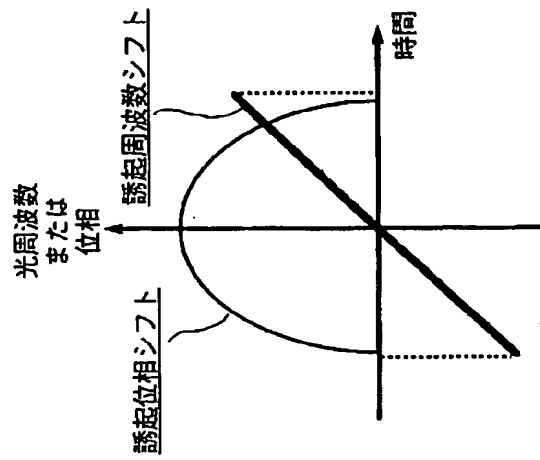
本発明の原理構成



【図1】

本発明で使用する光周波数シフト

(a) 放物線型の制御光を用いた場合 (b) 超短光パルスと光カー媒質中の分散を用いた場合

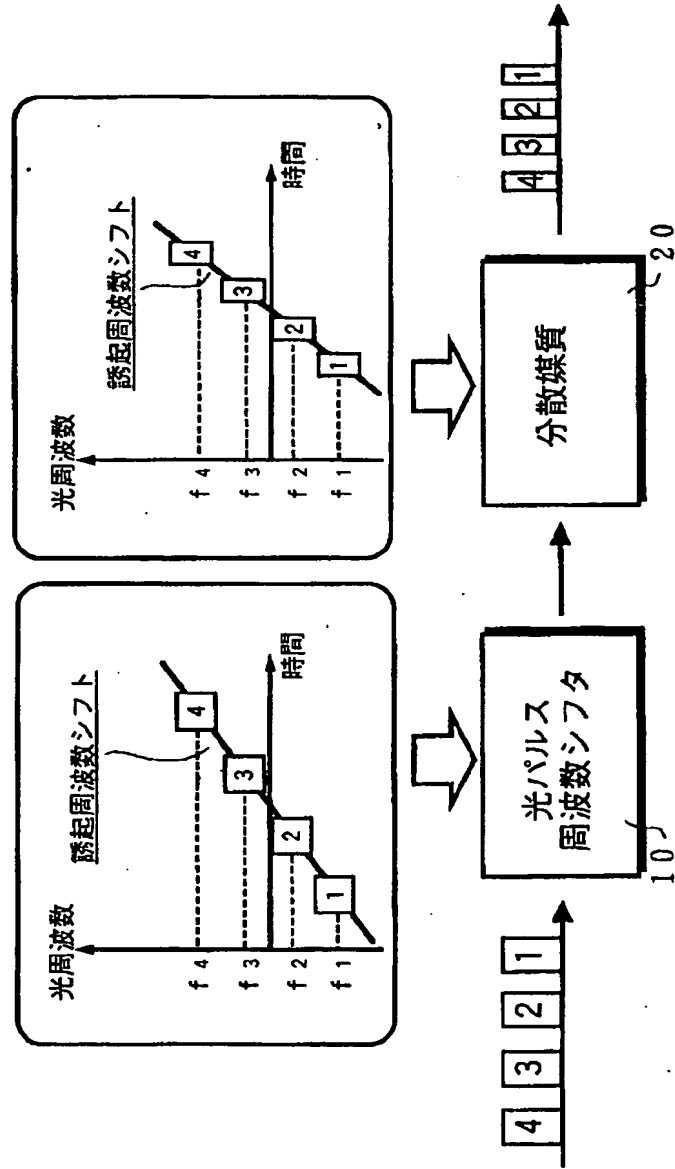


【図2】



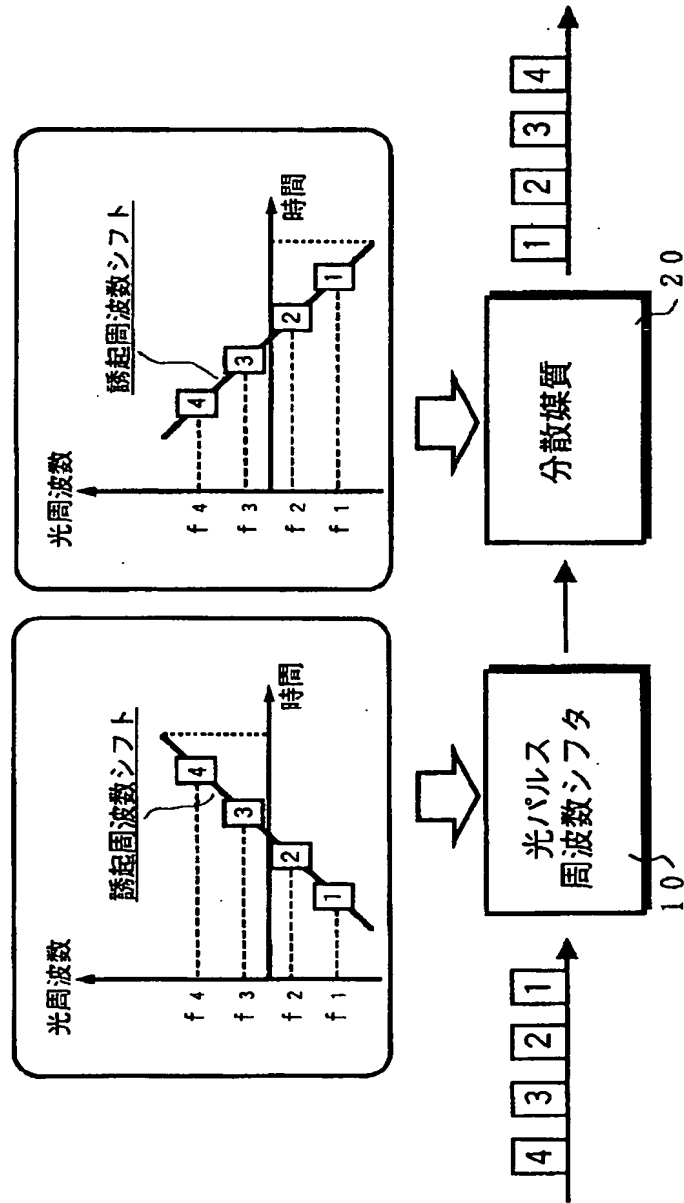
【図3】

タイムスロット圧縮動作の説明



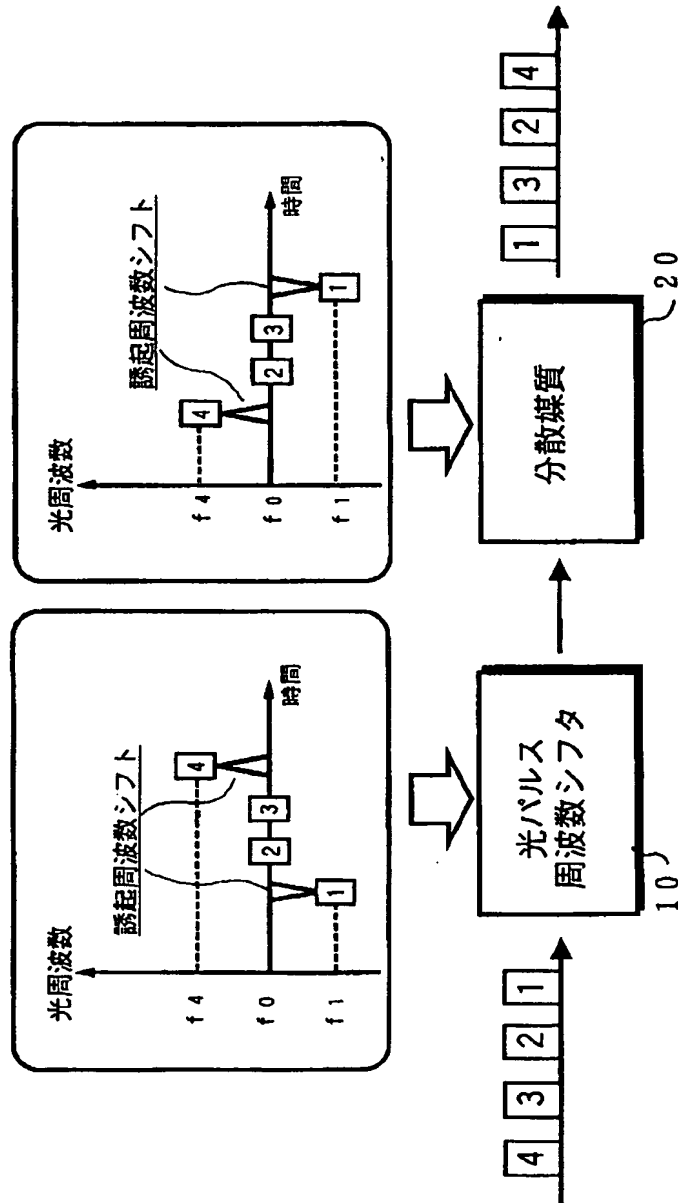
【図4】

タイムスロット反転動作の説明



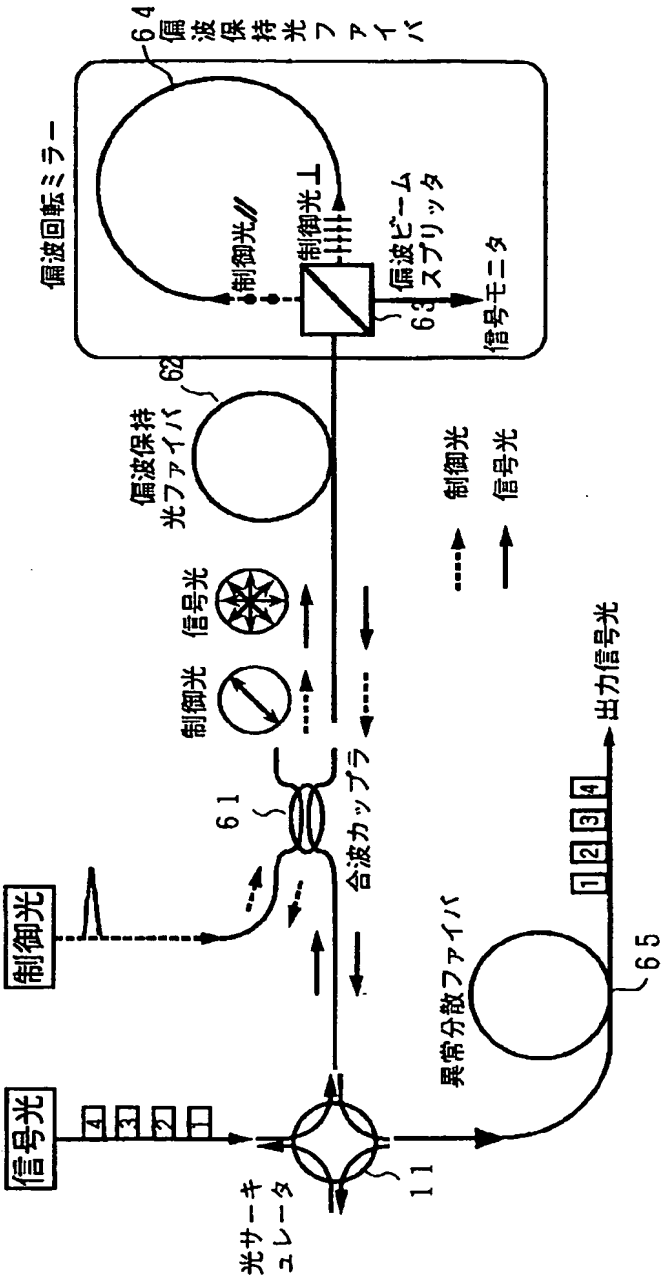
【図5】

タイムスロット入れ替え動作の説明



〔図6〕

本発明の全光型タイムスロット変換回路の実施例構成

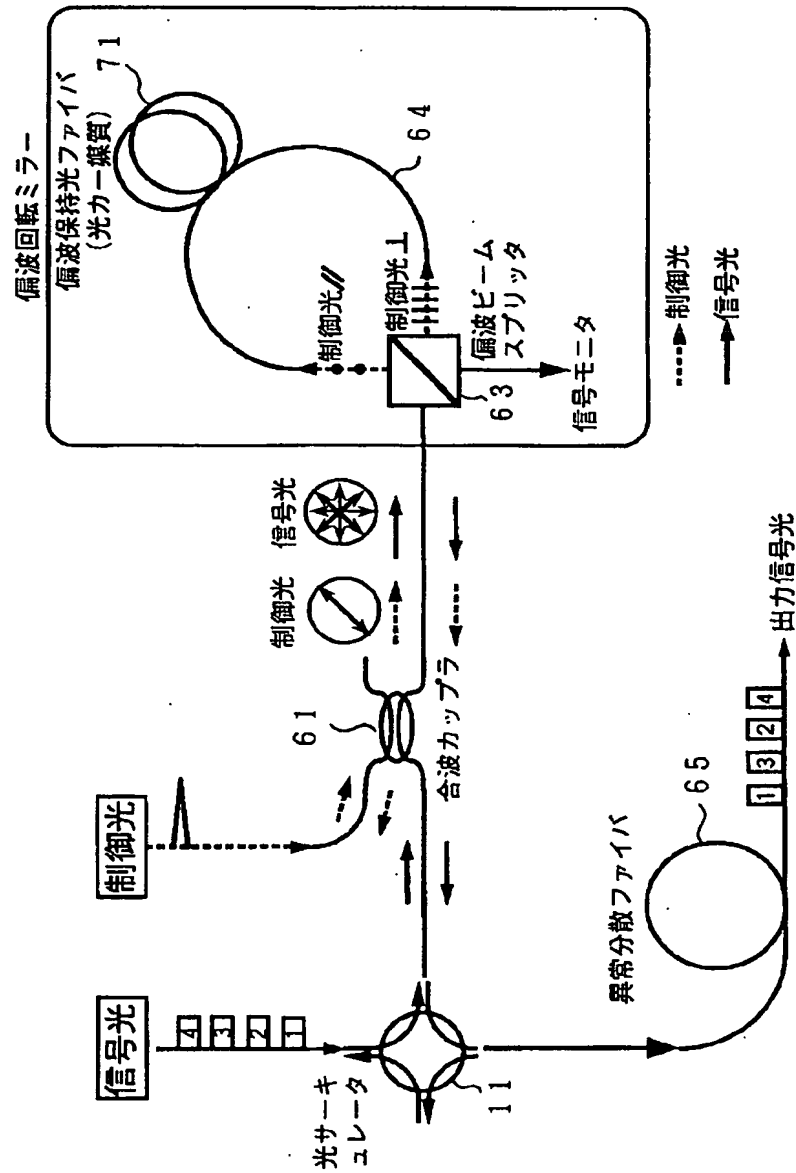


本発明の全光型タイムスロット変換回路の他の実施例構成

(12)

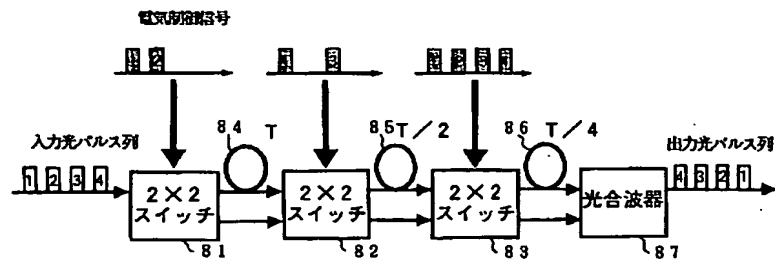
特開平5-265057

【図7】



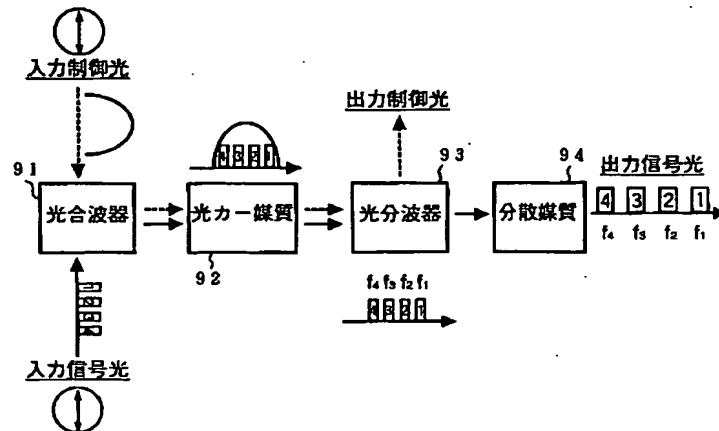
【図8】

従来の全光型タイムスロット変換回路の構成例



【図9】

従来の光遅延回路の構成例



【図10】

光カー媒質における光周波数シフトの説明

